



DOI:10.52547/GeoSpa.23.3.145

آزاده اربابی سبزواری^{۱*}
مهسا فرزانه^۲

ارزیابی اثرات تغییر اقلیم و آینده پژوهی آن بر کشاورزی طی دوره های آینده

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۲۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۳۱

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی تغییرات تخییر تعرق و پیش‌نگری بخش کشاورزی در قسمت شمالی استان ایستگاه زاهدان، قسمت مرکزی ایستگاه ایرانشهر و قسمت جنوبی ایستگاه چابهار با در نظر گرفتن تغییر اقلیم انجام شد. همچنین تاثیر مدیریت در تاریخ کاشت بر کاهش اثرات منفی این پدیده بررسی شد. پس از راست آزمایی مدل LARS-WG، مولفه‌های اقلیمی در سه ایستگاه هواشناسی زاهدان، ایرانشهر، چابهار و تحت سه سناریوی A1B، A2 و B1 در مدل HadCM3 تا سال ۲۰۶۰ با دوره پایه ۱۹۸۷-۲۰۲۰ ریزمقیاس شدند. بر اساس آماره‌های جذر میانگین مربعات خطا و ضریب کارایی مدل، مدل LARS-WG از قابلیت خوبی در شبیه‌سازی پارامترهای دمای حداقل و حداکثر و بارش برخوردار بود. افزایش معنی‌دار دما، طول دوره ی رشد در مراحل مختلف را بین یک تا ۲۰ روز کاهش می‌دهد که این مساله باعث افزایش نیاز آبی گندم خواهد شد. اگرچه به تعویق انداختن زمان کاشت، اثر تغییر اقلیم را شدت بخشیده و طول فصل کشت را بین ۱۲ تا ۲۳ روز کاهش می‌دهد، لکن نیاز آبی افزایش خواهد یافت. با توجه به این شرایط اقلیمی برای دوره های آتی، کشاورزان قادر نیستند شرایط اقلیمی را کنترل کنند، ولی مدیریت درست و تغییر در عواملی چون رقم محصول و بهینه سازی الگوی کشت مطابق با اقلیم منطقه و آگاهی یافتن از شرایط اقلیمی حال و آینده، می‌تواند در کاهش اثرات مضر تغییر اقلیم بر رشد و عملکرد محصولات کشاورزی و تولید پایدار مواد غذایی نقش بسزایی داشته باشد و برنامه‌ریزی و مدیریت جامع منابع گام مهم به سمت توسعه پایدار است.

کلید واژه‌ها: تغییر اقلیم، نیاز آبی، کشاورزی، جنوب شرق ایران، مدل LARS-WG

* گروه جغرافیا، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اسلامشهر، تهران، ایران

^۲ گروه جغرافیا، دانشگاه بین‌المللی چابهار، ایران

مقدمه

هرگونه تغییر منظم و معنی‌دار متوسط بلند مدت پارامترهای اقلیمی منطقه، به‌عنوان تغییر اقلیم تعریف می‌شود (Gail Alana, 2012). تغییر اقلیم یکی از مجموعه مباحث جدید است که در محافل مختلف علمی مورد بحث می‌باشد و امروزه نظر بسیاری از محققان محیط زیست را به خود معطوف داشته و از بلایای قرن بیست و یکم به شمار می‌رود (Sabzeqabai et al., 2015). یکی از این تبعاتی که تغییر اقلیم در آن تاثیر گذار است، تولید محصولات کشاورزی می‌باشد (Angel, 2008) افزایش دما در مکان‌ها و زمان‌های مختلف یکسان نیست، اما تا زمانی که انتشار گازهای گلخانه‌ای به شدت کاهش پیدا نکند، این گرمایش ادامه دار خواهد بود. Benjamin et al., 2000 عنوان می‌کنند: حتی با کاهش این گازها، نرخ گرمایش جهانی تا ۴۰ سال آینده کاهش نمی‌یابد. زیرا ماندگاری این گازها در جو طولانی است. بر این اساس در سال‌های اخیر، توافقی جمعی در رابطه با گرمایش جهانی و تغییر در عناصر اقلیمی در آینده‌های نزدیک به وجود آمده است. افزایش گرمایش جهانی می‌تواند به واسطه افزایش دما اثرات منفی بر رشد اساسی در زندگی گیاه می‌باشد (Luo et al., 2009). افزایش گرمایش جهانی یکی از مهم‌ترین مخاطرات طبیعی در جهان امروز است که با تاثیر بر فیزیولوژی گیاه، توازن آب خاک و نیاز آبی سبز و آبی می‌تواند عملکرد گیاه را متاثر سازد. دما بر طول دوره ی رشد، میزان عملکرد محصول و کیفیت آن موثر است. نیاز آبی گیاه نیز می‌تواند از یک سو، به دلیل تغییر مولفه‌های اقلیمی و از سوی دیگر نتیجه تغییر اقلیم افزایش و یا کاهش داشته باشد. به عنوان مثال، افزایش شرایط خشکی در نتیجه‌ی افزایش دما و تغییر طول دوره ی اقلیمی موثر بر تغییر نیاز آبی گیاه می‌باشند (Zhang, 2013). نیاز آبی گیاه نقشی مهم و اساسی در برنامه‌ریزی مصرف آب در بخش کشاورزی به عنوان بزرگ‌ترین مصرف‌کننده دارد. سهم بالای نیاز آبی گیاه در چرخه هیدرولوژیکی آب باعث می‌شود تا تغییر اقلیم تهدیدی برای تشدید بحران جهانی آب محسوب شود (Karandish et al., 2015). مقدار آب مصرفی بخش کشاورزی، ارتباط تنگاتنگی با شرایط اقلیمی و به‌خصوص تبخیر و تعرق گیاهان دارد، لذا تعیین تبخیر و تعرق، مساله مهمی در تعیین نیاز آبی، تخصیص و مدیریت منابع آبی است (Li et al., 2003). به دنبال طرح جدی مسئله تغییر اقلیم ناشی از فعالیت های بشر در چند دهه اخیر، ضرورت انجام مطالعاتی در این زمینه بیش از پیش احساس می‌شود. در این پژوهش، به ارزیابی اثرات تغییر اقلیم و آینده پژوهی آن بر کشاورزی طی دوره های آینده هستیم. هدف از این مطالعه به بررسی نیاز آبی گیاه تحت شرایط تغییر اقلیم می‌باشد و این سوال مطرح است که دما، بارش و نیاز آبی گیاه در دوره آینده دارای چه روندی می‌باشد؟ معروف‌ترین مدل‌های اقلیمی، مدل‌های گردش کلی هستند که در مطالعات مختلف به‌کار گرفته شده اند چون (Melville et al., 2009)، (Chen, 2013)، (Ashfete et al., 2012) و (Shah Nazari et al., 2018). حقیقت که فعالیت های بشر وضعیت جو کره زمین را تغییر می‌دهد به وضوح روشن است. با توجه به منابع موجود و نتایج حاصل، این نکته حاصل می‌گردد که مقوله تغییر اقلیم و اثرش در کشاورزی، بحث مهم و جدی بوده که مورد توجه محققان و پژوهشگران در ایران و سایر کشورهای دنیا قرار گرفته است. از آنجا که استان سیستان و بلوچستان در جنوب شرق کشور، به دلیل داشتن اقلیم خشک و بیابانی، خشکسالی های

متوالی، رشد سریع جمعیت و نیاز به توسعه صنعتی و کشاورزی از نظر دستیابی به منابع آب شیرین، جزء مناطق بحرانی به شمار می آید، لذا مدل سازی بررسی این که تغییر اقلیم در استان سیستان و بلوچستان رخ داده و بر روی کشاورزی اثر گذار بوده است، حائز اهمیت می باشد. بررسی سوابق مطالعات انجام شده در داخل و خارج کشور، دلالت بر تاثیرات تغییر اقلیم بر کشاورزی می باشد. با توجه به تحقیقات داخلی و خارجی نزدیک ترین کار به پژوهش، Jones and thrrnton(2013) به بررسی تغییرات تبخیر و تعرق درخت زیتون در اثر تغییر اقلیم در منطقه مدیترانه پرداختند در این مطالعه برای برآورد تبخیر و تعرق گیاهی از گزارش ۵۶ فائو استفاده شد. نتایج این بررسی افزایش هشت درصدی تبخیر و تعرق را تا سال ۲۰۶۵ نشان داد. در مطالعه دیگر در بررسی تبخیر - تعرق گیاه مرجع یونجه به صورت ساعتی و روزانه در کشور چین، روش پنمن - مانیتث را برای برآورد تبخیر - تعرق مرجع و نیاز آبی با اهمیت دانستند. (Mansuri and Manani(2017 بر اساس نرم افزار کراپ وات و روش فائو پنمن - مانیتث، نیاز آبی درختان زردآلو و زیتون در شرایط اقلیمی خشک در منطقه شمال شرقی کشور الجزیره را بررسی کردند. نتایج تحقیق آنها نشان داد درختان زردآلو و زیتون به ترتیب ۳۵۸۰۰ و ۶۹۸۰ متر مکعب در هکتار آب برای آبیاری نیاز دارند. (Shah Nazari et al (2018, در مقاله ای با عنوان اثر تغییر اقلیم بر تقویم زراعی کشت برنج در شمال ایران پرداختند. بر اساس شرایط حرارتی فعلی و احتمال گرم شدگی کره زمین در دهه های آینده، خروجی های مدل HadCM3 تحت سناریو، به کمک مدل LARS-WG ریزمقیاس گردید. در این مطالعه سال های ۱۹۹۰-۱۹۶۹ را به عنوان دوره پایه و سال های ۲۰۶۵-۲۰۴۶ را به عنوان دوره آینده مورد بررسی و شرایط حرارتی و بارشی برای دوره آتی شبیه سازی گردید. خروجی به دست آمده با شرایط دمائی مناسب رشد گیاه در منطقه مورد مطالعه مورد بررسی و مقایسه قرار داده شد. نتایج نشان داد که تقویم زراعی برنج در استانهای گیلان و مازندران با تفاوت هائی به سمت زمستان شیفت خواهند یافت. با توجه به شرایط دمائی متفاوت استان گلستان تقویم زراعی آن به سمت بهار حرکت خواهد نمود. از دیگر پژوهشگران می توان چون (Hulmer and Chatoopadhai(1998، (Lobel et al (2006، (Rahmani et al (2015، (Mobarakeh Zainli et al (2019) به بررسی تغییر اقلیم در بخش کشاورزی پرداختند. پیش نگرهای اقلیمی در قالب شبیه سازی در سطح جهانی، منطقه ای و محلی به همراه مشخص کردن تغییرات پارامترهای اقلیمی در قالب روندها و مدل ها در علم اقلیم شناسی از دیرباز مطرح بوده است اما آشکار سازی و ارائه چشم انداز در ادبیات و متون اقلیم شناسی کمتر به چشم می خورد؛ این درحالیست که برنامه ریزی محیطی و تحلیل های پیش نگر، تلاشی نظام مند برای نگاه به آینده بلند مدت در حوزه علم اقلیم شناسی است؛ امروزه یکی از مهم ترین چالش های حال و آینده، مسئله افزایش دما است. به طور کلی بررسی مطالعات و گزارش های علمی نشان می دهد که اقلیم و الگوی بارشی در حال تغییر است و این موضوع نیازمند بررسی و توجه بیشتر به اهمیت اقتصادی و کشاورزی منطقه مورد مطالعه دارد. سعی شده در این پژوهش به ارزیابی اثرات تغییر اقلیم و پیش نگرهای آن بر کشاورزی طی دوره های آینده در پهنه جنوب شرق کشور پردازیم. وجود انجام ارزیابی شرایط اقلیمی و مطالعات پیامدهای تغییر اقلیم و اثر این پدیده بر نظام بهره برداری کشاورزی، مطالعاتی که به بررسی تغییر اقلیم جهت کاهش اثرات تغییر اقلیم و آگاهی دادن به کشاورزان منطقه در اولویت می باشد.

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در پژوهش حاضر پهنا جنوب شرق ایران، استان سیستان و بلوچستان می باشد. استان سیستان و بلوچستان با وسعتی حدود ۱۸۷۵۰۲ کیلومتر مربع حدود ۴.۱۱ درصد از کل مساحت کشور را تشکیل داده و از پهناورترین استان‌های کشور است. استان سیستان و بلوچستان از لحاظ طبقه‌بندی اقلیمی در ناحیه اقلیمی بیابانی و خشک می‌باشد. این استان از نظر عرض جغرافیایی بین ۲۵ درجه و ۳ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۲۹ دقیقه عرض شمالی از خط استوا و به لحاظ طول جغرافیایی بین ۵۸ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۶۳ درجه و ۲۱ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار مبدأ قرار گرفته است (Ebrahimzadeh, 2010) (شکل ۱). ایستگاه‌های مورد مطالعه در این پژوهش زاهدان، ایرانشهر و چابهار می باشد.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های سینوپتیک استان سیستان و بلوچستان

(Figure 1: Geographical location of synoptic stations in Sistan and Baluchistan province (source: Author, 2021)

جدول ۱ - موقعیت مکانی و میانگین ۳۰ ساله برخی پارامتر هادر ایستگاه‌های مورد مطالعه مأخذ (اداره کل هواشناسی)

Table 1-Location and 30-year average of some parameters in the studied stations of Makhaz (General Directorate of Meteorology)

ردیف	نام ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع	بارش سالانه	میانگین دمای حداقل	میانگین دمای حداکثر
۱	زاهدان	۲۹.۴۷	۶۰.۸۸	۱۳۷۰	۹۰	۱۰.۷	۲۶.۹
۲	ایرانشهر	۲۷.۲	۶۰.۷	۵۹۱	۱۱۱.۳	۱۹.۷	۳۴.۱
۳	چابهار	۲۵.۲۷	۶۰.۶۱	۸	۱۲۶.۱	۲۲.۷	۲۹.۷

مواد و روش‌ها

یکی از متداول‌ترین روش‌ها برای ارزیابی اقلیم آینده، استفاده از مدل‌های گردش عمومی کلی می‌باشد (Semnov and Stronovitch, 2002). این مدل‌ها، معتبرترین ابزار برای بررسی اثرات پدیده تغییر اقلیم بر سیستم‌های مختلف محسوب شده و قادرند پارامترهای اقلیمی را برای یک دوره طولانی مدت بر اساس سناریوهای تأیید شده IPCC مدل‌سازی نمایند (khalili Aghdam et al., 2011). LARS-WG مولد داده‌های هواشناسی است (Rosco et al, 1991). نسخه اولیه این مدل در بوداپست طی سال ۱۹۹۰ به عنوان بخشی از پروژه ارزیابی ریسک‌های کشاورزی در کشور مجارستان ابداع شد. مدل LARS-WG توسط یکی از دانشمندان مرکز مطالعات کشاورزی روتامشند انگلستان طراحی شده است که با استفاده از داده‌های دیدبانی شده و بررسی رفتار اقلیم ایستگاه‌ها در دوره آماری و همچنین داده‌های روزانه شبکه‌ای مدل‌های گردش کلی در آینده می‌توان، داده‌های روزانه دوره‌های آبی را مدل‌سازی کرد (Semnov, 1998). سری‌های زمانی ساخته شده در مدل LARS-WG عمدتاً دارای خصوصیات آماری مشابه با داده‌های مشاهداتی در یک ایستگاه می‌باشد و جهت استفاده در ارزیابی خطر هیدرولوژیکی یا کاربردهای کشاورزی باید دارای آمار طولانی‌مدت باشد و همچنین می‌توان از این مدل جهت تولید داده‌های گم شده در ایستگاه‌های هواشناسی استفاده نمود (Semnov and Barrow, 2020). جهت اجرای اولیه مدل LARS-WG باید در ابتدا دو فایل ورودی را آماده کنیم که یک فایل شامل نام، عرض جغرافیایی، طول جغرافیایی و ارتفاع مربوط به ایستگاه اندازه‌گیری داده‌های هواشناسی می‌باشد که در آن فرمت و ترتیب داده‌های ورودی مدل نیز مشخص می‌شود. فایل دیگر شامل داده‌های هواشناسی ورودی به مدل که به ترتیب از سال کم به زیاد مرتب شده و محتوی سال، شماره روز ژولینوسی، حداقل دما، حداکثر دما، بارش و ساعت آفتابی روزانه می‌باشد. از آنجا که توانمندی مدل مولد هواشناسی تأثیر مستقیمی بر برآورد و ارزیابی صحیح تغییر اقلیم منطقه در دوره آینده دارد، بنابراین ابتدا توانمندی مدل مورد بررسی قرار گرفت (Guiteras, 2007). از طریق مقایسه داده‌های دوره آماری مشاهده شده و داده‌های تولید شده توسط مدل با استفاده از نمودارهای مقایسه‌ای، ارزیابی مدل مورد بررسی قرار گرفت. خروجی مدل‌ها با تکنیک‌های مختلف کوچک مقیاس شوند، به همین منظور، دانشمندان روش‌های متعددی ابداع کرده‌اند که به مجموع این روش‌ها ریزمقیاس‌نمایی می‌گویند (Funget al 2011). LARS-WG یک روش ریزمقیاس‌کردن آماری است که می‌تواند جهت شبیه‌سازی حدافل و حداکثر دما، بارش و تشعشعات خورشیدی در یک مکان تحت شرایط اقلیم حال و آینده استفاده شود (Gooderzi et al, 2015). مولدهای مصنوعی داده‌های آب و هوایی ابزاری برای پیش‌بینی نیستند که بتوان در پیش‌بینی‌های آب و هوایی استفاده کرد. اما توانایی تولید سری‌های زمانی داده‌های آب و هوایی با دوره دیده‌بانی را دارند. در این روش با شبیه‌سازی و تولید داده‌های آب و هوایی مصنوعی در مقیاس محلی می‌توان مطالعات تغییر اقلیم را در یک ایستگاه انجام داد. تاکنون مدل‌های مختلفی در مراکز گوناگون تحقیقاتی طراحی شده‌اند که دارای مولفه‌هایی هستند مانند مدل‌های HadCM3، ECHO-G، ECHAM4، CGCM2، CSIRO. در نهایت داده‌های ماهانه متغیرهای اقلیمی مدل گردش کلی HadCM3 دریافت شد و این مقادیر با میانگین دوره آماری متغیرهای اقلیمی مورد مقایسه قرار گرفت. مشخصات مدل‌های اقلیمی مورد استفاده شده در جدول (۲) آورده شده است.

جدول ۲- مشخصات مدل‌های اقلیمی (Koohi et al., 2013: 10)

Table 2- Specifications of climate models Source: (Koohi et al., 2013: 10)

مدل جهانی اقلیم	کشور	تفکیک شبکه	سناریوهای انتشار
HadCM3	انگلستان	۲/۵*۳/۷۵°	SRA1B, SRA2, SRB1

خانواده سناریوهای انتشار به سناریوهایی اطلاق می‌شود که دارای موضوع مشترکی هستند. در گزارش‌های سوم و چهارم IPCC بر روی شش خانواده از سناریوهای انتشار بحث شده است که عبارتند از A1T, A1B, A1F1, A2, A1T, A1B, B1 و B2 مطابق آنچه که در گزارش‌های سوم و چهارم IPCC آمده است، تعاریف هر یک از سناریوهای انتشار به این شرح می‌باشد:

جدول ۳- مشخصات سناریوهای انتشار (غلظت CO₂ در سناریوی دوره‌ی پایه: ۳۳۴ ppm)Table 3- Specifications of emission scenarios (CO₂ concentration in the base period scenario: 334 ppm)

سناریو	فرض‌های کلیدی	غلظت CO ₂ (ppm)		
		۲۰۸۱-۲۱۰۰	۲۰۴۶-۲۰۶۵	۲۰۱۱-۲۰۳۰
B1 (جهان پایدار)	تغییر سریع در ساختارهای اقتصادی، نفی ماده‌گرایی با بهبود عدالت و ملاحظات محیط زیستی، وجود توجهی جهانی به محیط زیست و پایداری اجتماعی و تلاش بیشتر جهت معرفی فناوری‌های پاک. جمعیت جهان تا سال ۲۱۰۰ به ۷ میلیارد نفر می‌رسد.	۴۱۰	۴۹۲	۵۳۸
B2 (جهانی با فناوری نا برابر)	جامعه‌ای ناهمگن با تاکید بیشتر بر راه حل‌های محلی برای پایداری اجتماعی، اقتصادی و محیط زیستی تا راه حل‌های جهانی. رفاه و عدالت بشری و حفاظت محیط زیست جزو اولویت‌های اول می‌باشد.	۴۰۶	۴۸۶	۵۸۱
A1B (جهان غنی)	این سناریو با رشد اقتصادی بسیار سریع (۳٪ در سال)، رشد جمعیت پایین (۰/۲۷٪ در سال) و معرفی سریع فناوری‌های موثرتر و جدید مشخص می‌شود. در مقیاس جهانی همگرایی و ظرفیت‌سازی اقتصادی و فرهنگی به همراه کاهش قابل توجه در تفاوت در آمد سرانه در مقیاس منطقه ای وجود دارد.	۴۱۸	۵۴۱	۶۷۴
A2 (جهان تفکیک شده)	هویت‌های فرهنگی مناطق مختلف را از هم تفکیک می‌کند. که این امر جهان را ناهمگن تر و احتمال مشارکت‌های بین‌المللی را کمتر می‌کند. ارزش‌های فامیلی، سنت‌های محلی و رشد جمعیت بالا (۰/۸۳٪ درصد در سال) مورد تایید است. تمرکز کمتر بر رشد اقتصادی (۱/۶۵ درصدی) و ثروت مادی.	۴۱۴	۵۴۵	۷۵۴

بررسی تبخیر و تعرق

به‌منظور تعیین تبخیر و تعرق گیاه مرجع از روش فائو پنمن-مانتیتث که مورد تأیید کمیته بین‌المللی آبیاری، سازمان خواربار جهانی و جامعه مهندسی شهری آمریکا است استفاده شده است. این روش به‌دلیل داشتن پایه فیزیکی، به صورت جهانی مورد تأیید قرار گرفته است و از طرف دیگر مرتباً توسط داده‌های لایسیمتری مورد آزمون و تأیید واقع شده است (Intensivo et al., 2000). برای تعیین تبخیر و تعرق گیاهان متداول در سیستم کشاورزی منطقه از گزارش ۵۶ فائو استفاده شد و ضرایب گیاهی در مراحل توسعه اولیه، میانی و نهایی رشد به تفکیک گیاهان مختلف به‌دست آمد و با توجه به شرایط منطقه تعدیل گردید. سپس تاریخ کشت و برداشت و طول دوره رشد از نرم افزار نت وات برای گیاه به‌دست آمد. در نهایت با استفاده از نرم افزار CROPWAT مقدار نیاز آبی محصول در حال حاضر و در آینده محاسبه گردید. در این مطالعه به منظور برآورد مقدار تبخیر و تعرق گیاه مرجع به روش فائو-پنمن-مانتیتث از رابطه زیر استفاده شده است:

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \left[\frac{890}{T + 273} \right] U_2(e_a - e_d)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \quad \text{معادله (۱)}$$

ET_0 : تبخیر و تعرق گیاه مرجع (mm/day)

R_n : تابش خالص در سطح پوشش گیاهی ($MJm^{-2} T^{-1} d^{-1}$) میانگین دمای هوا ($^{\circ}C$)

U_2 : سرعت باد در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین (ms^{-1} : $e_a - e_d$) کمبود فشار بخار در ارتفاع ۲ متری Δ (KPa)

شیب منحنی فشار بخار ($KPa^{\circ}C^{-1}$)

γ = ضریب رطوبتی ($KPa^{\circ}C^{-1}$)

G = شار گرما به داخل خاک ($MJm^{-2} d^{-1}$) می باشد. بر مبنای اطلاعات اقلیمی تهیه شده و با استفاده از رابطه فوق، مقادیر سالانه تبخیر و تعرق گیاه مرجع در ایستگاه برآورد گردید.

تبخیر - تعرق پتانسیل: نیاز آبی یا تبخیر-تعرق (ET) نشان دهنده تلفات آب از سطح زمین است که طی دو فرایند جداگانه صورت می گیرد. یکی تبخیر از سطح خاک و دیگری تعرق توسط گیاه که به آن تبخیر داخلی هم گفته می شود. با توجه به اینکه برای تخمین نیاز آبی گیاهان روش های بسیار گوناگون و متنوعی ارائه شده اند که بعضاً به نتایج تقریباً مشابهی هم منجر نمی شوند، در ابتدا این ایده مطرح شد که برای انجام محاسبات، پارامتری به نام تبخیر-تعرق پتانسیل محاسبه شده و سپس با ضرب آن در ضریبی به نام ضریب گیاهی که باید برای گیاه به تجربه به دست آید نیاز آبی گیاه برآورد شود.

تبخیر-تعرق گیاه:

$$\text{نیاز آبی گیاه} = (\text{ضریب گیاهی}) (\text{تبخیر-تعرق پتانسیل}) \quad \text{معادله (۲)}$$

در اوایل سال های دهه ۱۹۷۰ میلادی از طرف عده ای از دانشمندان به جای تبخیر-تعرق پتانسیل مفهوم دیگری مطرح گردید و آن تبخیر-تعرق مرجع بود. تبخیر-تعرق مرجع نشان دهنده مقدار تبخیر-تعرق از یک سطح پوشش گیاهی تعریف شده ای است که به عنوان نمایه تبخیر مورد قبول متخصصان آبیاری، هیدرولوژی و سایر کسانی که در این زمینه فعالیت دارند می باشد. به طریق مشابه پیشنهاد گردید که برای برآورد نیاز آبی یک گیاه ابتدا تبخیر-تعرق مرجع محاسبه و سپس مقدار آن در ضریب گیاهی که باز هم باید برای هر گیاه تعیین گردد ضرب شود. یعنی: برای بدست آوردن تبخیر و تعرق از کد نویسی فرمول تورنت وایت در محیط Excel استفاده شد و نمودار تبخیر و تعرق و معاله خط برای مدل گردش عمومی کلی برای ایستگاه ها رسم گردید

$$ETO = (16 * Nm) \left(\frac{10 * Tm}{I} \right)^a \quad \text{معادله (۳)}$$

$$a = \left((6.75 * 10^{-7}) I^3 \right) - \left((7.71 * 10^{-5}) I^2 \right) + \left((1.797 * 10^{-2}) I \right) + 0.492$$

$$im = \left(\frac{Tm}{5} \right)^{1.5}$$

$$I = \sum im$$

روش هارگریوز- سامانی، برای محاسبه نیازآبی پتانسیل می‌باشد. در این روش برای محاسبه ETO از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$ETO = 0.0135 Kt (T_{mean} + 17.8) (T_{max} - T_{min}) 0.5 Ra \quad \text{معادله (۴)}$$

$$Kt = 0.00185 \times (T_{max} - T_{min})^2 - 0.0433 \times (T_{max} - T_{min}) + 0.4023 \quad \text{معادله (۵)}$$

ضریب گیاهی: تبخیر- تعرق مرجع را می‌توان به وسیله یک ضریب با تبخیر- تعرق گیاه مورد نظر ارتباط داد:

$$ET_c = K_c ET_o$$

که K_c ضریب گیاهی نامیده می‌شود. بیشتر تاثیرات آب و هوایی در محاسبه ETO گنجانده شده است. بنابراین ضریب گیاهی (K_c) تنها با خصوصیات ویژه گیاهی و اقلیمی در یک بازه محدود تغییر می‌کند و این ویژگی ما را در ارائه یک ضریب گیاهی (K_c) صحیح یاری می‌دهد. ولی نباید از نظر دور داشت که ضریب گیاهی به شرایط آب و هوایی نیز بستگی دارد. ضریب گیاهی به طور کلی نسبت ET_c به ET_o را بیان می‌کند. شبیه‌سازی مراحل فنولوژیک براساس مدل درجه-روز: یکی از روش‌های پیش‌بینی و ارزیابی مراحل رشد و فنولوژیک گیاهان استفاده از درجه - روز رشد می‌باشد. حداقل دمای مناسب برای جوانه زنی و سبز شدن گندم ۴ درجه و حداکثر دمای مطلوب برای جوانه زنی ۲۵ درجه سانتی‌گراد است. در این تحقیق براساس گزارش مرکز تحقیقات با در نظر گرفتن تاریخ رایج کشت گندم در منطقه اول آذر به عنوان تاریخ کاشت در نظر گرفته شد (racsko.1991).

یافته‌ها و بحث

راست آزمایی مدل

به منظور صحت‌سنجی مدل LARS-WG، شبیه‌سازی داده‌های بارش، دمای حداکثر و دمای حداقل در طول دوره ی ۱۹۸۷-۲۰۲۰ با استفاده از این مدل انجام شد. مقایسه‌ی مقادیر مشاهده ای و شبیه‌سازی شده براساس آزمون t نشان داد که اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد بین آن‌ها برای مؤلفه‌های مورد بررسی در تمام ایستگاه‌ها وجود ندارد. میزان RMSE برای مقدار بارش بین ۱/۹ تا ۵/۳ میلی‌متر در ایستگاه‌های مختلف متغیر بود. وجود ضریب کارایی بیش‌تر از ۹۹ درصد برای دمای حداقل، حداکثر و بیش‌تر ۶۲ درصد برای بارندگی، قابلیت مدل LARS-WG را برای شبیه‌سازی مؤلفه‌های اقلیمی در استان سیستان و بلوچستان نشان می‌دهد. مدل LARS-WG در شبیه‌سازی دمای حداقل و حداکثر از دقت بالاتری برخوردار بوده و انطباق بهتری بین مقادیر مشاهده ای و شبیه‌سازی شده برای دو پارامتر وجود دارد. مقدار RMSE برای دمای حداقل بین ۰/۱ تا ۰/۳ و برای دمای حداکثر بین ۰/۲ تا ۰/۳ بود. با در نظر گرفتن هر سه معیار ارزیابی معلوم شد که دقت برآورد دمای حداقل در ایستگاه چابهار بالاترین مقدار را داشته است. برای مؤلفه دمای حداکثر ایستگاه زاهدان بهترین عملکرد را به خود اختصاص داده است. با در نظر گرفتن هر سه مؤلفه‌ی بارش، دمای حداقل و دمای حداکثر و با دادن وزنی یکسان به هر سه معیار ارزیابی RMSE

SSE و EF مشخص شد. از نظر دقت برآورد این مؤلفه‌ها با مدل LARS-WG ایستگاه زابل بهترین عملکرد و ایستگاه ایرانشهر نیز ضعیف‌ترین عملکرد را داشته است. نتایج فوق بیانگر دقت بالاتر مدل LARS-WG در شبیه‌سازی پارامتر دما نسبت به پارامتر بارش است، مؤید این مطلب است که داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی هر دو از یک توزیع تبعیت می‌نمایند می‌توان از نرم افزار LARS-WG جهت تعیین رخدادهای اقلیمی استان سیستان و بلوچستان در سالیان آتی استفاده کرد. مفهوم این مطلب این است که مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل دارای خصوصیات آماری مشابه با مقادیر ثبت شده در ایستگاه سینوپتیک است، لذا می‌توان گفت مدل LARS-WG توانایی مناسبی در شبیه‌سازی داده‌های اقلیمی در منطقه مطالعاتی دارد. توانایی مناسب مدل LARS-WG در شبیه‌سازی داده‌های اقلیمی قبلاً در مطالعات (Babaian and Najafinik, 2006) ، Dosti (2012) نیز تأیید شده است.

جدول ۴- معیار ارزیابی روش‌های محاسبه شده با معیار قرار دادن روش فائو پنمن - مونتیت

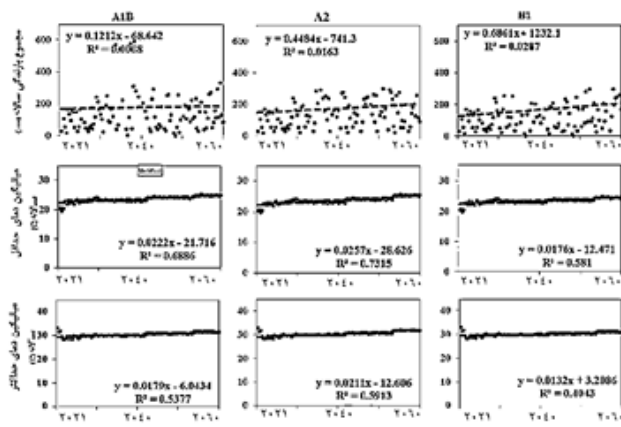
Table 4- The evaluation criteria of the calculated methods with the criteria for placing the Fau-Penman-Monteith method

ایستگاه	هارگریوز-سامانی		پرستلی-تیلور		ANFIS				رگرسیون					
	EF	RMSE	EF	RMSE	آموزش		آزمون		دمای میانگین		دمای حداکثر		دمای حداقل	
					EF	RMSE	EF	RMSE	EF	RMSE	EF	RMSE	EF	RMSE
چابهار	۰/۲۶	۴/۲۸	۰/۶۹	۱/۶۱	۰/۲۹	۱/۱۸	۰/۳۲	۱/۱۴	۰/۶۷	۰/۳۴	۰/۶۶	۰/۳۴	۰/۶۵	۰/۳۵
ایرانشهر	۰/۵۹	۶/۰۰	۰/۵۱	۲/۴۲	۰/۵۹	۲/۸۳	۰/۵۹	۲/۸۴	۰/۹۴	۰/۷۲	۰/۹۴	۰/۷۷	۰/۹۵	۰/۷۱
زاهدان	۰/۶۶	۵/۳۴	۰/۵۶	۳/۱۵	۰/۷۸	۱/۶۶	۰/۷۶	۱/۷۰	۰/۹۵	۰/۶۴	۰/۹۰	۰/۸۸	۰/۹۸	۰/۴۴

روند پارامترها در آینده

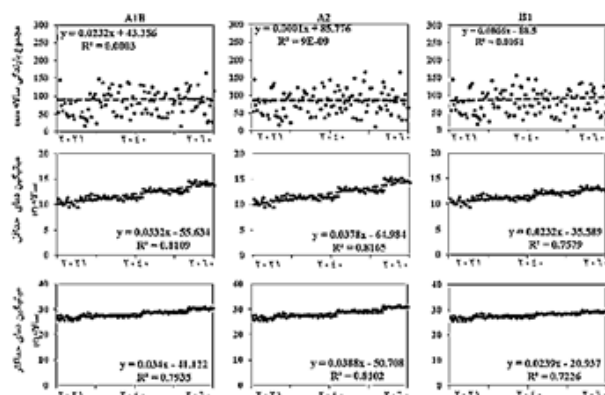
مؤلفه بارش در ایستگاه زاهدان روند افزایشی تا سال ۲۰۶۰ خواهد داشت که بیش‌ترین افزایش این پارامتر در بازه ۲۰۴۰-۲۰۲۱ تحت سناریو A1B و به میزان ۲۷۸ میلی‌متر رخ خواهد داد. افزایش بارش تا سال ۲۰۶۰ در هر سه سناریوی اقلیمی A1B ، A2 و B1 در سطح معنی‌داری ۵ درصد معنی‌دار نخواهد بود. مقدار میانگین بارش در بازه زمانی ۲۰۲۱-۲۰۴۰ و سناریوهای A1B ، A2 و B1 به ترتیب ۱۱۰/۵، ۱۰۱/۱، ۱۰۰/۹ میلی‌متر و در بازه ۲۰۶۰-۲۰۴۱ و سناریوهای A1B ، A2 و B1 به ترتیب ۸۷/۹، ۸۷/۹، ۹۲/۱ میلی‌متر و در بازه ۲۰۶۰-۲۰۴۱ و سناریوهای مذکور به ترتیب ۸۶/۵، ۸۱/۵ و ۸۹/۶ میلی‌متر خواهد بود. روند تغییرات مؤلفه‌های دمای حداقل و حداکثر را تا سال ۲۰۶۰ تحت سناریوهای مختلف برای ایستگاه زاهدان نشان می‌دهد. هر دو پارامتر روند تا سال ۲۰۶۰ روند افزایشی خواهند داشت که این روند افزایش در تمام سناریوها معنی‌دار خواهد بود. بیشترین مقدار افزایش برای دمای حداقل و حداکثر به ترتیب ۳۱/۱ درصد (۳/۳ درجه سانتی‌گراد) و ۱۲/۷ درصد (۳/۴ درجه سانتی‌گراد) است که برای هر دو مؤلفه در بازه ۲۰۶۰-۲۰۴۱ تحت سناریوی A2 اتفاق افتاده است. روند تغییرات مؤلفه بارش ایستگاه چابهار را تحت سناریوهای اقلیمی A1B ، A2 و B1 تا سال ۲۰۶۰ نشان می‌دهد. میانگین بارش در بازه زمانی ۲۰۲۰-۱۹۸۷ (دوره پایه)، ۱۲۶/۱ میلی‌متر می‌باشد که این میزان بارش در دوره‌های آتی با شیب ملایم تحت هر سه سناریوی اقلیمی افزایش خواهد یافت. بر اساس آنالیز رگرسیون، تغییرات بارش تمام سناریوهای مذکور در سطح معنی‌داری ۵ درصد، معنی‌دار نبود. بیش‌ترین افزایش بارندگی در بازه آتی در دوره ۲۰۴۰-۲۰۲۱ تحت سناریوی A1B به میزان ۱۳۶/۷

میلی- متر اتفاق افتاده است. میانگین بارش در دوره ۲۰۲۱-۲۰۴۰ و سناریوهای A1B، A2 و B1 به ترتیب ۲۵۸/۹، ۲۰۲/۶ و ۱۹۴/۹ میلی‌متر، در بازه ۲۰۴۱-۲۰۶۰ و سناریوهای A1B، A2 و B1 به ترتیب ۱۶۹/۷، ۱۹۹/۸ و ۱۵۹/۴ میلی‌متر و در بازه ۲۰۴۱-۲۰۶۰ و سناریوهای سناریوهای A1B، A2 و B1 به ترتیب ۱۵۸/۹، ۱۷۲/۶ و ۱۹۴ میلی‌متر بوده است. روند تغییرات سالیانه مؤلفه‌های دمای حداقل و حداکثر تا سال ۲۰۶۰ تحت سناریوهای اقلیمی A1B، A2 و B1 نمایش داده شده است. برای هر دو مؤلفه مقدار شیب خط برازش داده شده مثبت بوده که حاکی از افزایش این پارامترها تحت تأثیر تغییر اقلیم می‌باشد. بر اساس آنالیز رگرسیون افزایش دمای حداقل و حداکثر دوره آتی معنی‌دار نخواهد بود. در ایستگاه ایرانشهر نیز روند افزایشی تا سال ۲۱۰۰ خواهد داشت که بیش‌ترین افزایش این پارامتر در بازه ۲۰۲۱-۲۰۴۰ تحت سناریو A1B و به میزان ۹۶/۵ درصد (۱۱۱ میلی‌متر) رخ خواهد داد. افزایش بارش تا سال ۲۰۶۰ در هر سه سناریوی اقلیمی A1B، A2 و B1 در سطح معنی‌داری ۵ درصد معنی‌دار نخواهد بود. مقدار میانگین بارش در بازه زمانی ۲۰۲۱-۲۰۴۰ و سناریوهای A1B، A2 و B1 ۲۵۰/۹B، ۱۸۶/۵ و ۱۷۸/۳ میلی‌متر و در بازه ۲۰۴۱-۲۰۶۰ و سناریوهای A1B، A2 و B1 ۱۶۲/۹B، ۱۶۹/۷ و ۱۵۱/۸ میلی‌متر خواهد بود



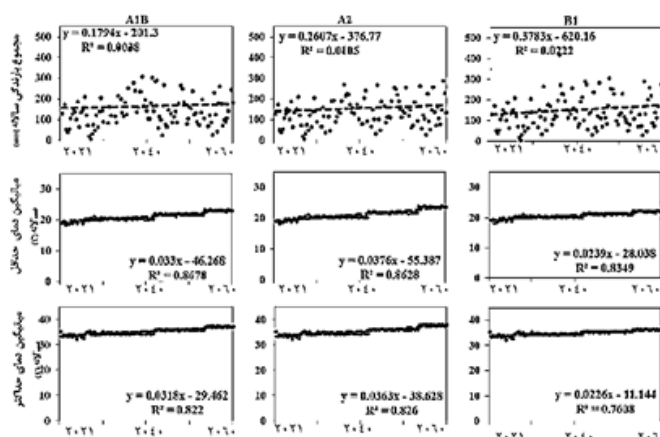
شکل ۲: روند تغییرات پارامترهای اقلیمی تا سال ۲۰۶۰ در ایستگاه چابهار

Figure2: Changes in climate parameters until 2060 in Chabahar station



شکل ۳: روند تغییرات پارامترهای اقلیمی تا سال ۲۰۶۰ در ایستگاه زاهدان

Figure 3: Changes in climate parameters until 2060 in Zahedan station



شکل ۴: روند تغییرات پارامترهای اقلیمی تا سال ۲۰۶۰ در ایستگاه ایرانشهر

Figure 4: Changes in climate parameters until 2060 in Iranshahr station

ارزیابی عملکرد مدل های منتخب در پیش بینی میانگین دمای فصلی

در واقع تعریف فصول براین اساس ، منعکس کننده ی واقعیت های اقلیم محل است و فصول اقلیمی نامیده می شود. برای صحت سنجی مدل اقلیمی در پیش بینی دما و بارش ایستگاه های سینوپتیک پهنه جنوب شرق ایران از مقایسه داده های شبیه سازی شده با داده های دیده بانی شده در دوره پایه ۱۹۸۷-۲۰۲۰ استفاده شد. با توجه به جدول های ۵-۷ نشان می دهد که میانگین فصلی دما در هر شش ایستگاه افزایشی و مقدار بارش در ایستگاه های به سمت زمستان و بهار بیشتر می شود.

جدول ۵- عملکرد مدل های منتخب در پیش بینی میانگین دمای فصلی ایستگاه چابهار

Table 5-Performance of selected models in forecasting the average seasonal temperature of Chabahar station

		tmin	tmin	tmin	tmin	tmax	tmax	tmax	tmax	rain	rain	rain	rain
		زمستان	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	بهار	تابستان	پاییز
بدبینانه	چابهار	18/9	25/3	29/5	24/6	26/9	31/4	33/5	31/2	65/9	24/9	5/2	21/3
خوش بینانه	چابهار	18/6	24/9	29/1	24/3	26/6	31/1	33/2	30/9	70/1	34/0	5/1	21/7
obs	چابهار	17/4	23/8	28/3	23/9	25/2	30/0	32/4	30/5	22/8	6/7	4/4	5/0

جدول ۶- عملکرد مدل های منتخب در پیش بینی میانگین دمای فصلی ایستگاه زاهدان

Table 6-Performance of selected models in forecasting the average seasonal temperature of Zahedan station

		tmin	tmin	tmin	tmin	tmax	tmax	tmax	tmax	rain	rain	rain	rain
		زمستان	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	بهار	تابستان	پاییز
بدبینانه	زاهدان	3/7	15/1	22/0	11/3	18/7	30/3	38/8	29/9	38/4	28/7	3/8	4/0
خوش بینانه	زاهدان	3/2	14/6	21/2	10/8	18/3	29/9	38/2	29/4	39/0	31/5	2/4	3/9
obs	زاهدان	1/8	12/9	19/5	9/4	16/5	27/9	36/5	27/7	13/1	8/5	0/8	2/4

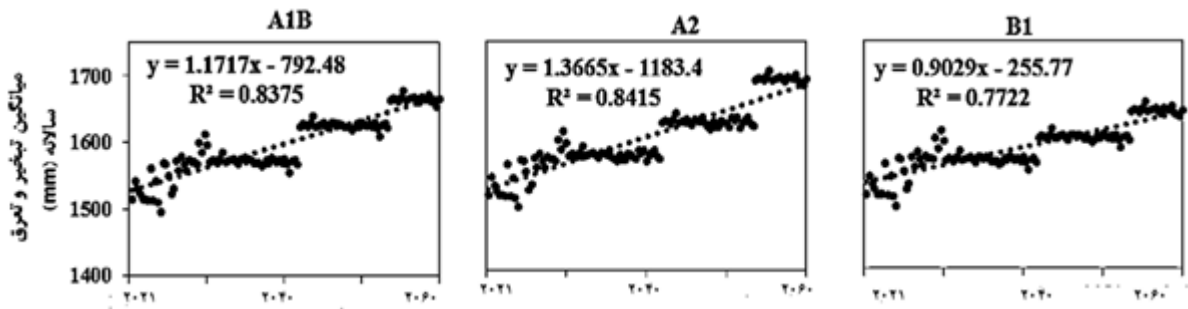
جدول ۷ - عملکرد مدل‌های منتخب در پیش‌بینی میانگین دمای فصلی ایستگاه ایرانشهر

Table 7 Performance of selected models in forecasting the average seasonal temperature of Iranshahr station

		tmin	tmin	tmin	tmin	tmax	tmax	tmax	tmax	rain	rain	rain	rain
		زمستان	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	بهار	تابستان	پاییز
بدینانه	ایرانشهر	11/9	22/7	32/3	22/2	25/0	37/1	45/9	37/0	51/7	28/5	29/4	3/6
خوش‌ینانه	ایرانشهر	11/4	22/2	31/6	21/6	24/5	36/6	45/5	36/5	66/7	34/9	25/2	3/7
obs	ایرانشهر	9/7	20/5	29/9	20/1	23/0	35/0	43/9	35/0	17/9	9/0	6/3	2/1

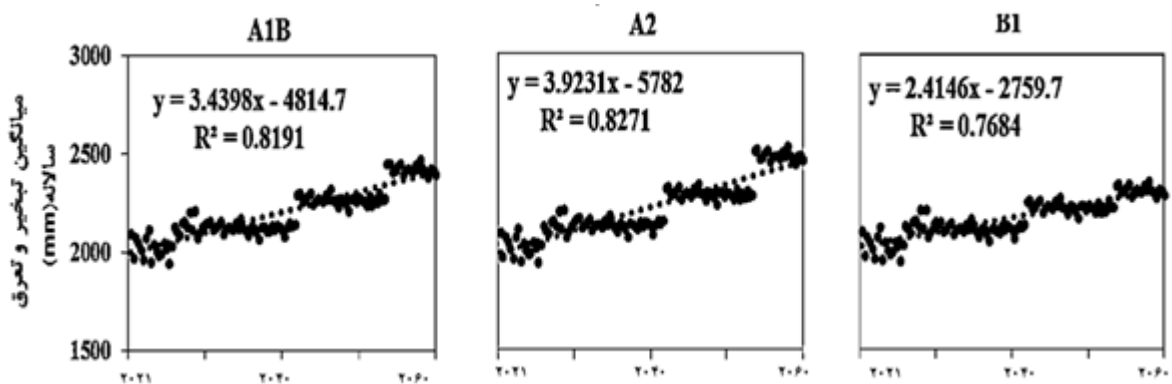
تبخیر و تعرق

افزایش درجه حرارت هوا آب مصرفی گیاهان نیز افزایش می‌یابد. به همین دلیل است که گیاهان در فصل تابستان زیاد آب مصرف می‌کنند. درجه حرارت یکی از مهمترین عوامل در رشد گیاه می‌باشد. با توجه به نمودارهای زیر نتایج نشان می‌دهد همبستگی بین دمای حداکثر و میزان تبخیر و تعرق پتانسیل در ایستگاه‌های مورد مطالعه مشاهده می‌شود. هر چه دمای حداکثر بیشتر می‌شود میزان تبخیر و تعرق بالاتر می‌رود و همچنان که دیده می‌شود در آینده میزان تبخیر و تعرق در ایستگاه‌ها افزایش می‌یابد. تبخیر و تعرق در ایستگاه چابهار روند افزایشی تا سال ۲۰۶۰ خواهد داشت که بیش‌ترین افزایش این پارامتر در بازه ۲۰۶۰-۲۰۴۱ تحت سناریو A2 و به میزان ۱۱/۳ درصد (۱۴۹/۹ میلی‌متر) رخ خواهد داد. افزایش ETO تا سال ۲۰۶۰ در هر سه سناریوی اقلیمی A1B، A2 و B1 در سطح معنی‌داری ۵ درصد معنی‌دار خواهد بود. مقدار میانگین مجموع تبخیر و تعرق در بازه زمانی ۲۰۴۰-۲۰۲۱ و سناریوهای A1B، A2 و B1 به ترتیب ۱۵۷۳/۱، ۱۵۷۷/۱ و ۱۵۶۸/۸ میلی‌متر می‌باشد. روند تغییرات مؤلفه تبخیر و تعرق را تا سال ۲۰۶۰ در ایستگاه ایرانشهر نمایش می‌دهد. در هر سه سناریو ETO روند افزایشی داشته که این افزایش برای سناریو A1B، A2 و B1 بر اساس آنالیز رگرسیون در سطح معنی‌داری ۵ درصد معنی‌دار بود. بیش‌ترین افزایش این پارامتر در بازه ۲۰۶۰-۲۰۴۱ تحت سناریوی A2 به میزان ۱۶/۴ درصد (۳۵۳/۳ میلی‌متر) مشاهده شد. در بازه ۲۰۴۰-۲۰۲۱ و سناریوهای A1B، A2 و B1 مقدار میانگین تبخیر و تعرق به ترتیب ۲۵۵۹/۱، ۲۵۶۸/۲ و ۲۵۴۷/۱ میلی‌متر می‌باشد. در بازه ۲۰۶۰-۲۰۴۱ و برای سناریوهای مذکور به ترتیب ۲۷۰۲/۸، ۲۷۱۶/۶ و ۲۶۵۰/۴ میلی‌متر خواهد بود. در بازه انتهایی مقدار میانگین مجموع ETO تحت سناریوهای A1B، A2 و B1 به ترتیب ۲۸۳۸/۴، ۲۸۹۲/۶ و ۲۷۳۷/۶ میلی‌متر بوده است. بر اساس آنالیز رگرسیون، تغییرات تبخیر و تعرق تمام سناریوهای مذکور در سطح معنی‌داری ۵ درصد، معنی‌دار بود. بیش‌ترین افزایش ETO در بازه آتی در دوره ۲۰۶۰-۲۰۴۱ تحت سناریوی A2 به میزان ۱۶/۷ درصد (۳۴۶/۵ میلی‌متر) اتفاق افتاده است. میانگین تبخیر و تعرق در دوره ۲۰۴۰-۲۰۴۱ و سناریوهای A1B، A2 و B1 به ترتیب ۲۱۲۴/۳، ۲۱۳۴/۸ و ۲۱۱۱ میلی‌متر، در بازه ۲۰۶۰-۲۰۴۱ و سناریوهای A1B، A2 و B1 به ترتیب ۲۲۴۷/۷، ۲۲۶۷/۵ و ۲۲۰۶/۹ میلی‌متر و در بازه ۲۰۶۰-۲۰۴۱ و سناریوهای A1B، A2 و B1 به ترتیب ۲۳۷۳، ۲۴۱۸/۱ و ۲۲۷۹/۶ میلی‌متر بوده است.



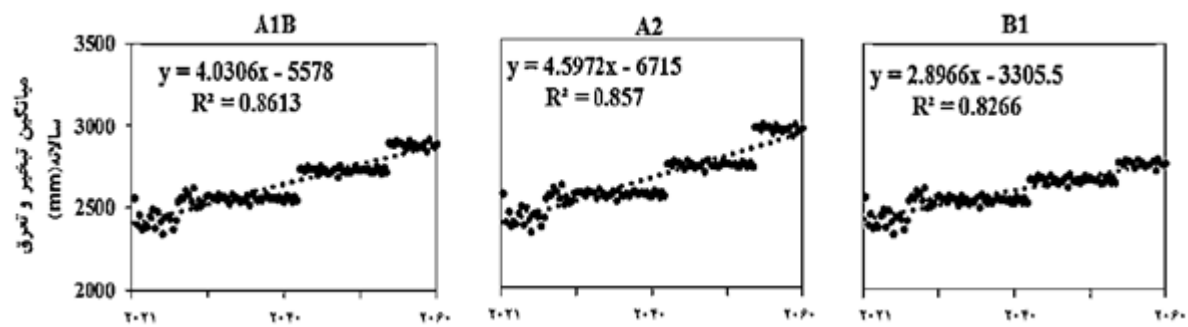
شکل ۵: روند تبخیر تعرق پتانسیل تا سال ۲۰۶۰ براساس سناریو های مختلف در ایستگاه ایرانشهر

Figure 5: Evaporation trend of potential transpiration until 2060 based on different scenarios at Iranshahr station



شکل ۶: روند تبخیر تعرق پتانسیل تا سال ۲۰۶۰ براساس سناریو های مختلف در ایستگاه زاهدان

Figure 6: Evaporation trend of potential transpiration until 2060 based on different scenarios at Zahedan station



شکل ۷: روند تبخیر تعرق پتانسیل تا سال ۲۰۶۰ براساس سناریو های مختلف در ایستگاه چابهار

Figure 7: Evaporation trend of potential transpiration until 2060 based on different scenarios at Chabahar station

اثرات تغییر اقلیم در کشاورزی را می توان به موارد زیر اشاره کرد بطور کلی در عرض های جغرافیایی بالا با افزایش دما فصل زراعی طولانی تر اکم بوته شده فتوسنتز افزایش و عملکرد گیاهان بهبود می یابد در حالی که در عرض های جغرافیایی پایین افزایش دما مشکل تنش های محیطی مثل تنش خشکی را ایجاد می کند و عملکرد را محدود می کند همچنین در نواحی معتدل با افزایش دما، مشکل بهاره سازی گیاهان بوجود می آید و بر عملکرد اثر منفی خواهد داشت به طور کلی هرگونه تغییر میزان دی اکسید کربن با تغییر اقلیم که تاثیر جداگانه بر رشد یا استقرار

علف های هرز و گیاهان زراعی در بوم نظام های زراعی داشته باشد رقابت بین گیاه زراعی علف هرز را نیز تحت تاثیر قرار خواهد داد. تغییرات اقلیمی در پهنه جنوب شرق کشور طول دوره رشد رویشی را بیشتر از طول دوره زایشی تغییر می دهد. وجود همبستگی مثبت و معنی دار با ضریب همبستگی بالا بین دمای هوا و روزهای لازم برای تکمیل دوره اولیه و سریع رشد (دوره رشد رویشی) و کاهش مقدار این ضریب در دوره های رشد میانی و انتهایی (دوره رشد زایشی) در نمودار نیز موید این نتیجه است. کاهش طول دوره ی رشد در مرحله ی رشد رویشی می تواند به دلیل افزایش درجه ی حرارت محیط و متعاقب آن، دمای خاک باشد. زیرا در این مرحله، رشد و توسعه ی هر دو اندام هوایی و ریشه به شدت متأثر از دمای خاک است. با این وجود، تاثیر دما در کاهش روزهای لازم برای تکمیل طول دوره ی رشد زایشی کم تر از اثر ویژگی های گیاهی است، زیرا بخش هوایی گیاه به رشد کامل خود رسیده است. اگرچه کاهش طول دوره ی رشد گیاه می تواند منافی را همچون آماده سازی زود هنگام زمین برای کشت دوم فراهم آورد، لکن توجه به بالاتر بودن دما در تاریخ های دیرتر و تاثیر معنی دار آن بر میزان عملکرد محصول تصمیم گیری در این زمینه را با دشواری هایی همراه می سازد.

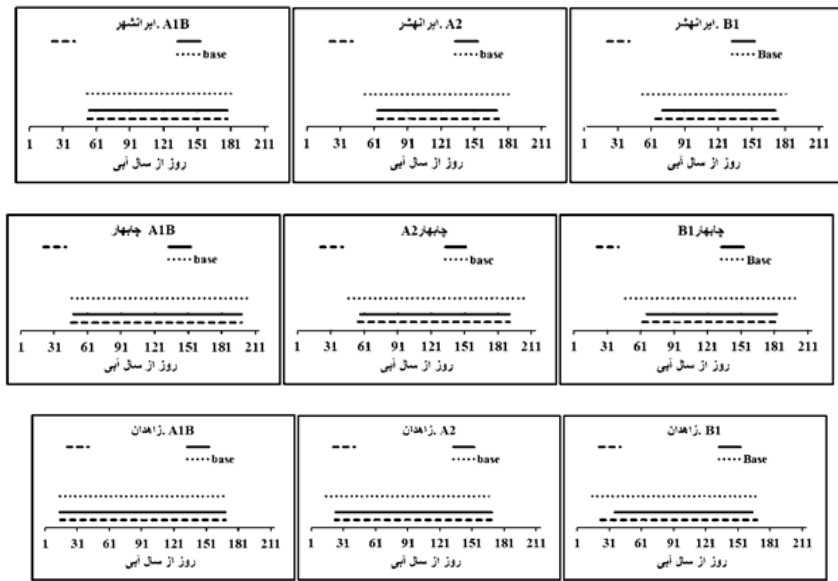


شکل ۸: همبستگی بین دمای هوا و روزهای لازم برای تکمیل دوره های مختلف رشد (منابع: نگارنده، ۱۴۰۰)

Figure 8: Correlation between air temperature and days required to complete different growth periods (source: author, 2021)

تاریخ کشت

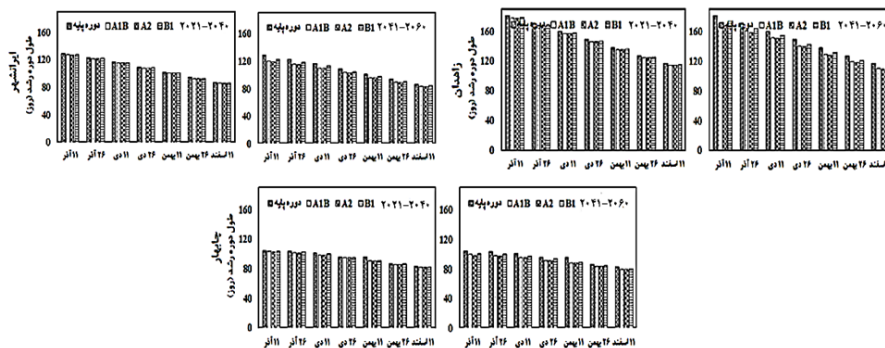
زمان کاشت از جمله مهم ترین تاریخ ها در تقویم زراعی یک گیاه است، زیرا سایر فعالیت های کشاورزی متناسب با آن تعیین می شود. کشت زود و یا دیر هنگام با به همراه داشتن اثراتی همچون افزایش خطر سرمازدگی، شیوع آفات و بیماری ها، افزایش طول دوره ی رشد گیاه و کاهش فرصت لازم برای آماده سازی زمین در کشت های نوبت دوم می تواند خسارت های اقتصادی بسیاری را برای گیاهان به همراه داشته باشد. شکل نشان می دهد که بر اساس دماهای آستانه ی ۴ و ۲۵ درجه ی سانتی گراد، افزایش گرمایش جهانی با نرخ افزایش دما معادل ۰/۰۱۷ تا ۰/۰۳۹ درجه ی سانتی گراد در سال در منطقه ی مطالعاتی، بازمی مناسب برای کشت را بین ۱۶-۲۱ روز به سمت فصل های سرد سال جابجا نموده که این جابجایی در ایستگاه های زابل و زاهدان به ترتیب کم ترین و بیش ترین مقدار را داشت. افزایش گرمایش جهانی، طول دوره ی مناسب برای کاشت گندم در استان سیستان و بلوچستان نیز افزایش خواهد داد. اما این بازه برای دو ایستگاه ایرانشهر و چابهار بین ۵-۴۰ روز کاهش می یابد که دلیل آن را می توان در خرد اقلیم های حاکم بر استان جستجو نمود.



شکل ۹ : بازه مناسب کشت گیاه گندم در سال های آتی و سناریو مختلف

Figure 9: suitable intervals for wheat cultivation in the coming years and different scenarios

بر اساس تاریخ‌های مشترک بین تمام سناریوها در حد فاصل سال‌های ۲۰۶۰-۱۹۸۷، روزهای ۱۱ و ۲۶ آذر، ۱۱ و ۲۶ دی، ۱۱ و ۲۶ بهمن و ۱۱ و ۲۶ اسفند ماه به عنوان تاریخ کاشت گندم در تمام ایستگاه‌ها در نظر گرفته شد. نمودار ۹ مدت زمان لازم برای تکمیل شدن چهار دوره ی رشد ابتدایی، سریع، میانی و انتهایی را نشان می‌دهد. افزایش دما علاوه بر تغییر تاریخ کاشت، تعداد روزهای لازم برای رسیدگی فیزیولوژیکی گیاه را نیز بین یک تا ۲۰ روز کاهش داد. همچنین، به تعویق انداختن زمان کاشت اثر تغییر اقلیم را شدت بخشیده و طول فصل کشت را بین ۱۲ تا ۲۵ روز کاهش می‌دهد. بیش‌ترین کاهش تعداد روزهای لازم برای رسیدگی گیاه در بازه‌ی زمانی ۲۰۶۰-۲۰۴۱ و تحت سناریوی A2 به دلیل افزایش بیش‌تر دما مشاهده شد.

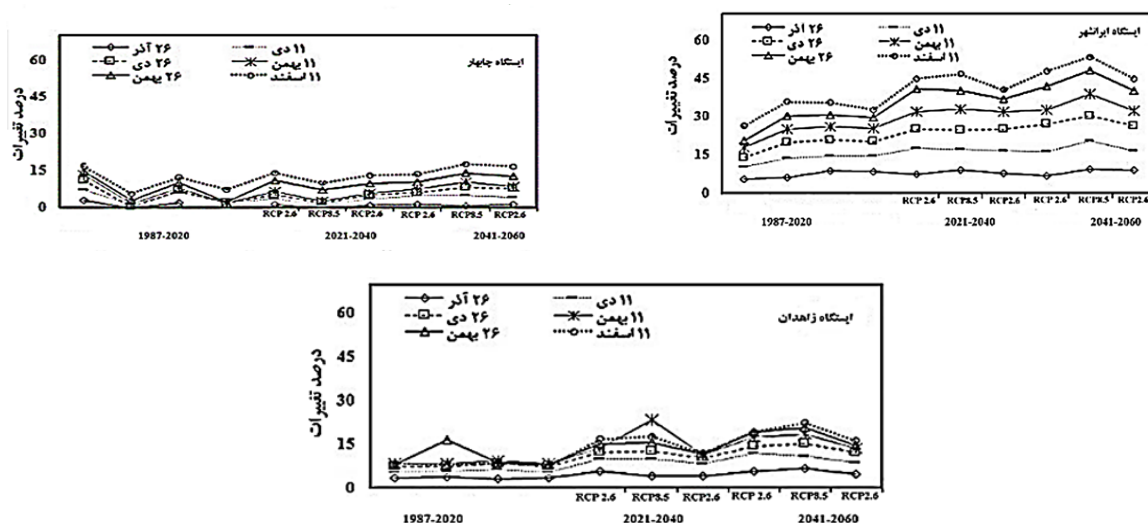


شکل ۱۰ : درصد تغییرات نیاز آبی در کل فصل رشد در نتیجه جابجایی تاریخ کاشت

Figure 10: The percentage of water requirement changes in the whole growing season as a result of shifting the planting date

نیاز آبی در کل فصل رشد

کشت زود هنگام یا دیرهنگام به همراه اثراتی همچون خطر سرمازدگی، شیوع آفات و خساراتی بسیار به همراه خواهد بود. زمان کشت برای محصول مهم است؛ چرا که فعالیت‌های کشاورزی متناسب با آن تعیین می‌شود. مدیریت تاریخ کاشت گندم در شرایط تغییر اقلیم تاثیر قابل توجهی در حجم آب اختصاص یافته به کشت این محصول در استان سیستان و بلوچستان خواهد داشت. علی‌رغم کوتاه‌تر شدن طول دوره رشد، تغییر تاریخ کشت به فصل‌های گرم باعث افزایش درصد نیاز آبی گیاه گندم در بازه زمانی ۲۰۲۱-۲۰۶۰ خواهد شد. تاثیر اعمال مدیریت در تاریخ کشت بر افزایش نیاز آبی گندم در ایستگاه‌های ایرانشهر بیشتر از سایر ایستگاه‌های دیگر می‌باشد.



شکل ۱۱: درصد تغییرات نیاز آبی در کل فصل رشد در نتیجه جابجایی تاریخ کاشت

Figure 11: Diagram 10 The percentage of water requirement changes in the whole growing season as a result of shifting the planting date

راهبردهای سازگاری کشاورزان با تغییر اقلیم

تغییرات آب و هوایی با تغییر دادن الگوهای اقلیمی و به هم ریختن نظم اکوسیستم‌ها، عواقب جدی بر محیط زیست وارد میکنند. تغییر در الگوهای آب و هوایی میتواند به وقوع سیل‌های شدید، گرما و سرماهای شدید، تکرار بیشتر خشکسالی‌ها، بالا آمدن سطح آب دریا، گرم شدن جهانی هوا و ذوب شدن یخ‌های دائمی منجر شود. تغییر اقلیم علاوه بر تاثیر مستقیم بر عوامل اقلیمی، به صورت غیرمستقیم بر اقتصاد، اجتماع، کشاورزی و... تاثیرگذار بوده و زندگی انسان‌ها و سایر موجودات را تحت تاثیر قرار می‌دهد و در بسیاری از موارد در مناطق مختلف باعث بروز مشکلاتی مانند مهاجرت، کاهش سطح درآمد کشاورزان و دامداران، افزایش خسارت‌های جانی و مالی ناشی از بلایا و... شده است. با توجه به اثرات متقابل بین سیستم اقلیمی و سیستم‌های اقتصادی و اجتماعی ما ناچار هستیم

که خود را با اثرات ناشی از تغییر اقلیم سازگار کرده و برای جلوگیری از بیشتر شدن اثرات ناشی از تغییر اقلیم عواملی را که باعث ایجاد و تشدید تغییر اقلیم می شوند از جمله انتشار گازهای گلخانه ای را کاهش دهیم. امروز موضوع تغییر اقلیم جهانی بسیار مورد توجه دانشمندان و سیاست گذاران عرصه های بین المللی قرار گرفته است، زیرا هر تغییر در آب و هوا، عدم قطعیت مربوط به تولید محصولات زراعی را افزایش خواهد داد. از این رو شبیه سازی اثرات این پدیده در دوره های آتی کمک شایانی در برنامه ریزی و سیاست گذاری های کلان در جهت تامین امنیت غذایی جامعه و رفاه تولید کنندگان خواهد نمود. در شکل ۱۲ راهبردهای سازگاری کشاورزان با تغییر اقلیم به نمایش گذاشته شده است.



شکل ۱۲: راهبردهای سازگاری کشاورزان با تغییر اقلیم
Figure 12: Adaptation strategies of farmers to climate change

نتیجه گیری

شبیه سازی اثرات پدیده تغییر اقلیم در دوره های آتی کمک شایانی در برنامه ریزی و سیاست گذاری های کلان در جهت تامین امنیت غذایی جامعه و رفاه تولید کنندگان خواهد نمود. تغییرات اقلیمی چه به صورت کوتاه مدت و یا به شکل بلند مدت می توانند بر فعالیت های بشری از جمله فعالیت های کشاورزی مؤثر بوده است. هرچه شدت نوسانات اقلیمی بیشتر باشد و طول مدت آن افزایش یابد، تأثیرگذاری بر فعالیت های کشاورزی نیز بیشتر خواهد شد. نتایج حاصل از ارزیابی عملکرد مدل LARS-WG با استفاده از آزمون های آماری و شاخص های خطاسنجی مختلف، نشان داد که این مدل در ایستگاه مورد بررسی از دقت مناسبی جهت شبیه سازی متغیرهای اقلیمی در سطح منطقه مورد مطالعه برخوردار است. نتایج حاصل از خروجی مدل میزان بارش در دوره آتی در سطح منطقه مورد

مطالعه نزدیک به آن مقدار دوره پایه برآورد کردند به طوری که همبستگی بین متغیرهای پایه و شبیه سازی شده حدود ۰/۹ می باشد. توانایی این مدل ریزمقیاس نمایی در پیش بینی دما بهتر از بارش است که نیز تاییدی است با مطالعات پژوهشگرانی چون Hosseini et al (۲۰۱۲) و Babaian et al (۲۰۰۸). در تحقیقات نشان داده است که روند دما حداکثر در دوره پایه ۱۹۸۷-۲۰۲۰ روند افزایشی می باشد و در دوره های آتی این روند همچنان ادامه پیدا می کند. مطالعات افزایش دما در پهنه جنوب شرق ایران با مطالعات و تحقیقات پژوهشگرانی چون Abbas Niya (۲۰۱۷) همسویی و مطابقت دارد. در دوره های آینده روند دمای حداقل افزایشی می باشد و در نتیجه باعث کاهش برودت هوا و تعدیل آن می گردد. در دوره مورد مطالعه، رژیم بارشی به سمت انتهای فصل یعنی زمستان و بهار جا به جا خواهد شد. در این زمینه مسئولان به تاثیر بیشتر بارش های بهاره روی ایستگاه های واقع در خشکی در وقوع سیلاب های ناگهانی در مقیاس محلی بیشتر توجه کنند. با توجه به پراکندگی بارش در استان مشخص می گردد که الگوهای بارشی متفاوت می باشد. برخی مناطق مانند سیستان کمترین بارش استان محسوب می گردند و برخی دیگر از نقاط از پراکندگی خوبی برخوردار هستند. بنابراین توزیع بارش در استان به ویژه بارش سنگین متاثر از عوامل محلی و هم شرایط سینوپتیک می باشد. پس جمع بندی مطالب بالا نشان می دهد که از اطمینان از قابلیت مدل در شبیه سازی سری زمانی پارامترهای مورد مطالعه، با استفاده از داده های خروجی مدل گردش عمومی کلی HadCM3 پارامترهای اقلیمی مذکور برای دوره ۲۰۲۱-۲۰۶۰، شبیه سازی شده و روند تغییرات آنها نسبت به دوره پایه مورد بررسی قرار گرفت. سرانجام احتمال تغییر اقلیم سال آینده بر تبخیر و تعرق و نیاز آبی گیاه زراعی مهم منطقه مورد مطالعه گندم با استفاده از روش رگرسیون مورد ارزیابی قرار گرفت. با بررسی تغییرات دمای حداقل و حداکثر مشاهده می شود که تاثیر تغییر اقلیم باعث افزایش این دو پارامتر در ایستگاه های مورد مطالعه در دوره آتی خواهد شد. این افزایش در سناریوی A2 و دوره ۲۰۴۱-۲۰۶۰ مشهودتر است. پس از بررسی روند بارش در دوره آتی در ایستگاه های مختلف نیز مشاهده می شود که تمام ایستگاه ها دارای روند افزایش بارش را دارند. پس از بررسی تبخیر- تعرق محاسبه شده به روش رگرسیون مشخص شد تبخیر و تعرق در تمام سناریوها روند افزایشی داشته است. تغییر اقلیم باعث افزایش روند تبخیر و تعرق می شود. پژوهش هایی پیرامون این موضوع در غرب پورتوریکو داشته و نشانگر این است که با تغییر اقلیم تبخیر و تعرق نیز افزایش می یابد. پدیده تغییر اقلیم با افزایش دمای هوا، زمان مناسب برای کاشت را در تمام ایستگاه ها به سمت زمستان جابه جا نموده است. این جابه جایی در محدوده در محدوده زمانی 2041-۲۰۶۰ مشهودتر است. به نحوی که زمان مناسب برای کاشت گندم در این بازه زمانی در ایستگاه های چابهار، ایرانشهر و زاهدان به ترتیب ۱۹، ۲۸، ۲۱ روز دیرتر از زمان آن در دوره پایه آغاز می شود. علاوه بر آن جابه جایی فصل کشت به سمت زمستان تحت سناریوی A2 بیش تر و تحت سناریوی A1B کمتر بوده است. طول دوره رشد گیاه گندم در تمام ایستگاه ها وقتی تاریخ کشت به سمت

تابستان جابه‌جا می‌شود طول دوره رشد کوتاه‌تر می‌شود که کوتاه‌ترین تاریخ رسیدن گیاه جو در تاریخ کشت ۱۱ اسفند خواهد بود. نیاز آبی گیاه گندم وقتی تاریخ کشت به سمت تابستان جابه‌جا می‌شود کاهش پیدا می‌کند و هر چه تاریخ کشت از دوره پایه به سمت دوره‌های آبی جابه‌جا می‌شود باز هم نیاز آبی روندی کاهشی خواهد داشت که دلیل عمده آن می‌تواند کوتاه شدن دوره رشد گیاه باشد. با توجه به این مطلب و مشکلات کمبود آب در منطقه مورد بررسی، برنامه‌ریزان باید این مساله را برای برنامه‌ریزی تخصیص منابع آبی آینده در نظر داشته باشند و از طریق تغییر سیستم کشت و استفاده از گیاهان با نیاز آبی کمتر و یا افزایش راندمان آب آبیاری، در راستای تعدیل اثرات تغییر اقلیم بر بخش کشاورزی اقدام نمایند. اثر تغییرات اقلیمی در دهه های اخیر در نواحی جنوبی ایران با داشتن آب و هوای خشک و نیمه خشک بیش از پیش نمایان می‌باشد. شهرستان های پهنه جنوب شرق از جمله مناطقی است که افزایش دما و کاهش بارندگی بر روی محصولات کشاورزی آن تاثیرات سویی داشته است. لذا پیش‌بینی و بررسی اثرات تغییر اقلیم به‌منظور تصمیم‌گیری مدیران و برنامه‌ریزی آینده بسیار ضروری است و عوامل موثر بر کاهش سطح زیرکشت و راندمان محصولات کشاورزی مورد بررسی قرار گرفته است. بنابراین لازم است تا سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان امر کشاورزی به این موضوع توجه داشته باشند تا بتوانند با اتخاذ سیاست‌های مناسب مدیریت ریسک، از یک سو ریسک تولید کشاورزان را کاهش دهند و از سوی دیگر با اجرای راهکارهای مناسب مانند پیش‌بینی های دقیق تغییرات اقلیمی مانع از نوسانات تولید گندم شود. همچنین با اتخاذ سیاست های مناسب تنظیم بازار، مانع از کمبود تولید این محصول و افزایش قیمت آنها شوند. تغییرات اقلیمی آتی اثرات زیادی بر مقادیر تولید در بخش کشاورزی دارد و از آنجا که تغییرات اقلیم یک موضوع فرامنطقه ای است؛ بنابراین لازم است پروتکل های منطقه ای و ناحیه ای تدوین گردد تا گروه های ذینفع بهتر بتوانند در مقابل تغییرات اقلیمی محافظت شوند و تمهیدات لازم برای جبران این نوسانات تولید از طریق واردات و صادرات و یا کشت فراسرزمینی اتخاذ گردد. بخش کشاورزی، به عنوان یک نظام زیست فیزیکی، شدیداً وابسته به شرایط اقلیمی است و اقلیم، یکی از عوامل اصلی در تعیین مکان، منابع تولید و بهره‌وری فعالیت های کشاورزی محسوب می‌شود. براساس نتایج، مدیریت تقویم کشت گندم راهکاری موثر برای دستیابی به کشاورزی پایدار در اقلیم آینده استان سیستان و بلوچستان می‌باشد.

پیشنهادات

در جهت بهبود و ارتقاء درستی پیش‌بینی‌های هواشناسی، از مدل‌های پیش‌بینی اقلیمی کوتاه مدت و بلندمدت برای جلوگیری از صدمه ناشی از عوامل نامساعد جوی و اقلیمی در تمام مراحل کاشت، داشت، برداشت حمل و نقل و نگهداری استفاده شود.

References

- Abbasniya, F., Malbousi, Sh., HabibiNokhandan, M., & Asmari, M. (2017). "Evaluation of Zagros climate change in the period 2010-2039 using the microscale of ECHO public circulation model data". *Journal of Climatological Research*, 1(1), 149-155.
- Ashofteh, P., & Bovani, M. A. (2012). " Investigating the effect of uncertainty of atmospheric and oceanic general cycle models (AOGCM) and greenhouse gas emission scenarios on basin runoff under the influence of climate change, case study: Qarnagu Basin, East Azerbaijan". *Journal of Facts on Iran's Water Resources*, 8 (2), 36-47. [In Persian].
- Angel, J. (2008). " Potential impacts of climate change on water availability. Illinois State Water Survey". *Institute of Natural Resource Sustainability*, 12, 397-409.
- Babaiyan, I., & Najafi Nik, Z. (2005). " Climate change assessment of Razavi Khorasan Province in the period of 2010-2039 AD, the final project of the climatology research Group". *Journal of Climate Change Research Group*, 24, 218-233. [In Persian].
- Babaiyan, I., Najafi Nik, Z., Zabol Abbas, F., & Habibi Nokhandan, M. (2008). " Assessment of the country's climate change in the period 2010 -2039 using the microscale data of the ECHO-G general circulation model". *Scientific Journal Geography and Development Research*, 16, 135-152. [In Persian].
- Benjamin, B., & Richard, D. (2000). "Global Warming". *Background history and introduction*, 1, 1-251.
- Chen, H., Guo, J., Zhang, Z., & Xu, C. (2013). "Prediction of temperature and precipitation in Sudan and South Sudan by using LARS- WG in future". *Jornal of Theoretical and Applied Climatology*, 113, 363- 375.
- Dosti, M., Habibnejad Roshan, M., Shahedi, K., & Mir Yaghoubzadeh, H. (2012). "Climatic characteristics of Tamar watershed, Golestan province in the context of climate change using LARS-WG model". *Jornal of Earth and Space Physics*, 39(4), 177-189. Doi: 10.22059/JESPHYS.2013.35988. [In Persian].
- Ebrahimzadeh, I. (2010). "Land survey and environmental planning in south east of Iran, Tehran". *Jornal of Information Institute*, 1, 1-408 . [In Persian].
- Fung, F., Lopez, A., & New, M. (2011). "Modeling the impact of climate change on water resources". *Jornal of Wiley Blackwell*, 71, 43-62.
- Goodarzi, M., & Noori, A. (2014). " Evaluation of LARS-WG model and method of factor change in exponential precipitation and temperature microscale". *Journal of Environmental Science and Technology*, 9, 25-26. [In Persian].
- Guiteras, R. (2007). "The impact of climate change on Indian agriculture". *Job Market Paper-Draft, Department*, 22, 1727-1738.
- Gil-Alana, L. A. (2012). "Long memory, seasonality and time trends in the average monthly temperatures in Alaska". *Jornal of Theoretical and Applied Climatology*, 108, 385-396.
- Goodarzi, M., Salahi, B., & Hosseini, A. (2015). "Evaluation of the performance of LARS-WG and SDSM microscale models in simulating climate change in the catchment area of lake Urmia". *Journal of Watershed Management Science and Engineering*, 9, 11-23. [In Persian].

- Hulmer, M., & Chattopadhyay, N.(1998). "Evaporation and potential evapotranspiration in conditions of recent and future climate change". *Jornal of Agricultural and Forest Meteorology*, 1, 55-73. Doi: org/10.1016/S0168-1923(97)00006-3.
- Hosseini, S., Nazari, MR., & Iraqi Nejad, Sh.(2013). "Investigating the effect of climate change on the agricultural sector with emphasis on the role of implementing adaptation strategies in this sector". *Iranian Agricultural Economics and Development Research*, 1, 1-16. doi: 10.22059/IJAEDR.2013.36064. [In Persian].
- Itensivo, D., Elliott, R.L., Allen, R.G., & Walter, I.A.(2000). "Comparison of reference vapotranspiration calculations across a range of climates". 4th National Irrigation Symposium, 14-16 November 2000, Arizona, USA.
- Jones, P. G., & Thornton, P. K.(2013). "Generating downscaled weather data from a suite of climate models for agricultural modelling applications". *Jornal of Agricultural Systems*, 114, 1-5. Doi:org/10.1016/j.agsy.2012.08.002.
- Koohi, M., Babaian, I., Mousavi Baigi, M., Farid Hosseini, A., & Khazanehdari, L.(2013). "Predicted changes in limit rainfall in Mashhad during the 21st century Iranian". *Journal of Water Resources Research*, 9, 61-74. [In Persian].
- Karandis., F.(2021). "Iran's agriculture from the perspective of water footprints", The 5th Iranian National Irrigation and Drainage Congress, 11-12 May, University of Birjand. [In Persian].
- Luo, Q., Bellotti, W., Williams, M., & Wang, E.(2009). "Adaptation to climate change of wheat growing in South Australia: Analysis of management and breeding strategies". *Journal of Agriculture, Ecosystems and Environment*, 129, 261-267. Doi:org/10.1016/j.agee.2008.09.010.
- Li, Y.L., Cui, J.Y., Zhang, T.H., & Zhao, Y.(2003). "Measurement of evapotranspiration of irrigated spring wheat and maize in a semi-arid region of North China". *Journal of Agricultural Water Management*, 61, 1-12. Doi:org/10.1016/S0378-3774(02)00177-4.
- Lobell, D. B., Field, D. C., Cahill, N. K., & Bonfils, C.(2006). "Impact of future climate change on California perennial crop yield. Model projections with climate and crop uncertainties". *Journal of Agricultural and Forest Meteorology*, 141, 208-218. Doi:10.1016/j.agrformet.2006.10.006.
- Melville, B. W., Hashmi, M. Z., & Shamseldin, A. Y.(2009). "Downscaling of future rainfall extreme events: a weather generator based approach". *Jornal of Earth Syst*, 6, 6535-6579. Doi: 10.1023/a:1005342632279.
- Mobarakeh Zainali, Z., Dayhim Fard, R., & Kambozia, J.(2018). "Evaluation of the effects of climate change and its adaptation strategies on the yield and efficiency of water use of water wheat (*Triticum aestivum*): a case study of Razavi Khorasan province". *Plant Production Research Journal*, 26(3), 71-87. Doi: 10.22069/JOPP.2019.15046.2347 . [In Persian].
- Mansouri, Z., & Menani, M.R. (2017). "Assessment of the water needs of Apricot and Olive crops under arid climatic conditions: Case study of Tinibaouine region (North-East of Algeria)". *Journal of Agricultural Water Management*, 30(2), 46-52. Doi:10.21660/2017.30.160424. [In Persian].
- Melville, B. W., Hashmi, M. Z., & Shamseldin, A. Y.(2009). "Downscaling of future rainfall extreme events: a weather generator based approach". *Jornal of Earth Syst*, 6, 6535-6579. Doi:org/10.3390/atmos13010022.
- Racsco, P., Szeidl, L., & Semenov, M. (1991). "A serial approach to local stochastic weather models". *Journal of Ecol Model*, 57, 27-41. Doi:org/10.1016/0304-3800(91)90053-4.
- Rahmani, M., Jami Al-Ahmadi, M., Shahidi, A., & Hadizadeh Azgandi, M.(2015). "The effect of climate change on the length of growth stages and water requirement of wheat and barley (Case

- study: Birjand plain) ". *Journal of Agricultural Ecology*, 7(4), 443-460. Doi: 10.22067/jag.v7i4.26666. [In Persian].
- -Semenov, M.A., &Barrow, E.M.(2002)."LARS-WG A stochastic weather generator for use in climate impact studies", *User Manual, Version*,3,1- 28.
 - -Sabzqabai, Gh.,& Massoud Macron, S. (2014)."Consequences of climate change and its impact on people's livelihoods". Third National Conference on Environment, Energy and Biosafety, 21-23 May 2014 University of Tehran. [In Persian].
 - -Semenov, M. A.(1998)."Use of multi-model ensembles from global climate models for assessment of climate change impacts". *Journal of Climate Research*, 4,1-14. Doi:10.3354/cr00836.
 - -Shah Nazari, M., Hejazizadeh, Z.,& Saliqa, M.(2018). " Effect of climate change on rice crop calendar in Northern Iran". *Journal of Applied Research in Geographical Sciences*,59,99-117.Doi: 10.29252/jgs.20.59.99. [In Persian].
 - -Tao,F., Yokozawa,M., Hayashi,Y., &Lin,E.(2003). " Changes in soil moisture in China over the last half-century and their effects on agricultural production". *Agriculture and Forest Meteorology*,118, 251–261.
 - -Yousefi, N., Hojam, S.,& Irannejad, P.(2010)."Estimation of homogeneity and heterogeneity of data using markov chain and sequence test (Case study - Mehrabad station)". *Journal of Agriculture and Natural Resources*,13,89-98. [In Persian].
 - -Zhang, D., Xiaomang, L.,& Haoyuan, H.(2013). "Assessing the effect of climate change on reference evapotranspiration in China". *Journal of Agricultural Water Management* ,27,1871-1881. Doi:10.1007/s00477-013-0723-0.

Assessing the effects of climate change and its foresight on agriculture in future periods

Azadeh Arbabi Sabzevari¹, Mahsa Farzaneh²

¹- Associate Professor, Department of Geography. Islamic Azad university. Islamshahr Branch. Tehran. Iran.

²- PhD Climatology., Chabahar International University

Introduction

Any regular and significant change in the long-term average of the climatic parameters of the region is defined as climate change. Climate change is one of the new issues that are being discussed in various scientific circles and today it has attracted the attention of many environmental researchers and is considered one of the disasters of the 21st century. One of the effects of climate change is the production of agricultural products. Investigated climate change in the agricultural sector. Climatic forecasts in the form of simulations at the global, regional and local level along with determining the changes of climatic parameters in the form of trends and models have been in the science of climatology for a long time, but revealing and presenting the vision in the literature and texts of climatology less noticeable; Meanwhile, environmental planning and predictive analysis is a systematic effort to look into the long-term future in the field of climatology; Today, one of the most important challenges of the present and future is the issue of temperature increase. In general, the review of scientific studies and reports shows that the climate and rainfall pattern are changing, and this issue requires further investigation and attention to the economic and agricultural importance of the study area. In this research, we have tried to evaluate the effects of climate change and its forecast on agriculture in the future periods in the southeast region of the country. The existence of climate assessment and studies of the consequences of climate change and the effect of this phenomenon on the agricultural exploitation system, studies that examine climate change in order to reduce the effects of climate change and inform the farmers of the region are a priority.

Materials and Methods

The area studied in the current research is the southeastern region of Iran, Sistan and Baluchistan province. The province of Sistan and Baluchistan with an area of about 187,502 square kilometers constitutes about 4.11 percent of the total area of the country and is one of the widest provinces of the country. One of the most popular methods for evaluating the future climate is the use of general circulation models. These models are considered the most valid tools for investigating the effects of climate change on different systems and are able to model climate parameters for a long period of time based on IPCC approved scenarios. LARS-WG is a meteorological data generator. To determine the evaporation and transpiration of regular plants in the agricultural system of the region, FAO report 56 was used and plant coefficients in the initial, middle and final stages of growth were obtained by separating different plants and according to the conditions of the region. It was modified. Then, the date of sowing and harvesting and the length of the growing period were obtained from NetWat software for the plant. Finally, using the CROPWAT software, the current and future water requirement of the crop was calculated.

Results and Discussion

In order to validate the LARS-WG model, simulation of rainfall data, maximum temperature and minimum temperature during the period of 1987-2020 was done using this model. The comparison of the observed and simulated values based on the t test showed that there is no significant difference between them at the five percent level for the investigated components in all stations. The amount of RMSE for the amount of rain varied between 1.9 and 5.3 mm in different stations. The existence of efficiency coefficient of more than 99% for minimum temperature, maximum and more than 62% for rainfall shows the ability of LARS-WG model to simulate climatic components in Sistan and Balochistan. The rainfall component in Zahedan station will have an increasing trend until 2060, and the largest increase of this parameter will occur in the period of 2021-2040 under the A1B scenario and to the extent of 27.8 millimeters. The seasonal average temperature increases in all six stations and the amount of precipitation increases in stations towards winter and spring. An increase in air temperature increases the water consumption of plants. This is the reason why plants consume a lot of water in the summer season. Temperature is one of the most important factors in plant growth. Threshold temperatures of 4 and 25 degrees centigrade, increasing global warming with a temperature increase rate of 0.017 to 0.039 degrees centigrade per year in the study area, the suitable interval for cultivation between 16-21 days towards the early seasons. It has been a year since he moved Transfers in Zabul and Zahedan stations had the lowest and highest amount, respectively. The increase in global warming will also increase the length of the suitable period for planting wheat in Sistan and Baluchistan provinces. However, this interval decreases between 5-40 days for the two stations of Iranshahr and Chabahar, the reason of which can be found in the small climates that dominate the province.

conclusion

The results of evaluating the performance of LARS-WG model using statistical tests and various error measurement indicators showed that this model has the appropriate accuracy for simulating climate variables in the studied area. The results obtained from the output of the model estimated the amount of precipitation in the future period at the level of the studied area close to the value of the base period, so that the correlation between the base and simulated variables is about 0.9. In the research, it has been shown that the maximum temperature trend in the base period of 1987-2020 is an increasing trend and in the future periods this trend will continue. it becomesIn the studied period, the rainfall regime will change towards the end of the season, i.e. winter and spring. In this context, officials should pay more attention to the greater impact of spring rains on stations located on land in the occurrence of sudden floods on a local scale. Climate change increases evaporation and transpiration. The phenomenon of climate change, with the increase in air temperature, has shifted the appropriate time for planting to winter in all stations. This shift in the region is more evident in the time period of 2060-2041. In such a way that the suitable time for planting wheat in this time period in Chabahar, Iranshahr and Zahedan stations starts 19, 28, 21 days later than the time in the base period. In addition, the shift of the cultivation season to winter under the A2 scenario was more and under the A1B scenario was less. The length of the wheat plant growth period in all the stations, when the planting date is shifted to summer, the growth period becomes shorter, and the shortest date of the barley plant will be on the planting date of March 11. The water requirement of the wheat plant decreases when the planting date is shifted to summer, and whenever the planting date is shifted from the basic period to the future periods, the water requirement will decrease again, which is the main reason. Plant growth period can be shortened.